مجله به‌زراعی نهال و بذر
جلد ۲-۳۲، شماره ۲، سال ۱۳۹۵

تجزیه و تحلیل داده‌ها در آزمایش‌های کشت مخلوط با تجزیه واریانس دو متغیره و مقایسه میانگین‌ها و رسم منحنی‌ها از طریق محورهای اریب

Data Analysis of Intercropping Experiments by Bivariate Analysis Variance and Comparison of the Means and Drawing Graphs with Skew Axes

علیرضا بهشتی

دانشیار، بخش تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان خراسان رضوی، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، مشهد، ایران

تاریخ دریافت: ۱۳۹۵/۳/۲۶ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۵/۸/۶

چکیده

بهشتی، ع. ۱۳۹۵. تجزیه و تحلیل داده ها در آزمایش‌های کشت مخلوط با تجزیه واریانس دو متغیره و مقایسه میانگین‌ها و رسم منحنی‌ها از طریق محورهای اریب. **مجله به‌زراعی نهال و بذر ۲-۳۲**: ۱۷۱- ۱۵۷.

ارزیابی صحیح اثر رقابتی بین گونه‌های گیاهی در کشت‌های مخلوط نیازمند روش‌های مطلوب تجزیه و تحلیل داده‌ها است. تراکم و نسبت گونه‌ها به عنوان دو عامل کلیدی نتایج کشت مخلوط را تحت تاثیر قرار می‌دهند. مشکل اساسی روش سری جایگزینی (روش معمول برای ارزیابی کشت‌های مخلوط) نادیده گرفتن طبیعت دوبعدی کشت مخلوط (حد اقل دو گونه و تراکم مستقل برای هر گونه) است. نتایج به دست آمده از روش رگرسیون خطی نیز مستقل از تراکم نیست و تراکم‌های متفاوت نتایج متفاوتی دارند. روش تجزیه واریانس یک متغیره و مقایسه میانگین‌ها به کمک آزمون‌هایی مانند LSD یا چند دامنه‌ای دانکن قادر به بیان پاسخ هر یک از دو گونه زراعی در کشت مخلوط به تیمارهای مختلف به‌طور همزمان نیست. در مقابل روش تجزیه واریانس دو متغیره از دقت و حساسیت کافی برای این منظور برخوردار است زیرا اثر تیمارها بر هریک از گیاهان به عنوان جزئی از سیستم کشت، مستقل از گیاه دیگر نبوده و ذیل اثر متقابل با آن قرار می‌گیرد. بیان اثرها در این روش به کمک رسم محورهایی اریب انجام می‌شود که زاویه دو محور بسته به بزرگی اثر و مثبت بودن یا منفی بودن اثرها برهم بین دو حالت، این زاویه بین حالت بسته و یا باز تغییر می‌کند. در این بررسی ضمن آشنایی با اصول و چگونگی تجزیه واریانس دو متغیره و نکات تشابه و افتراق آن با تجزیه واریانس یک متغیره، به چگونگی مقایسه میانگین‌ها، رسم شکل‌ها، و محدوده معنی‌داری و تفاوت میانگین‌ها با کمک برنامه تهیه شده (محورهای اریب)* پرداخته شده است. برای کاربردی کردن برنامه با ارائه فایل ورودی یک صفت (عملکرد) وبه تصویر کشیدن چند نمونه از مقایسه میانگین‌های صفات متفاوت در اثر تیمارهای متفاوت (تراکم و یا نسبت کاشت) در کشت مخلوط سورگوم و کنجد و نیز سورگوم و سویا تلاش شد، آشنایی و کاربرد روش تجزیه واریانس دو متغیره، نحوه تجزیه و تحلیل داده‌ها در کشت مخلوط و چگونگی تعیین زمینه همبستگی و ارتباط دو گونه برای یک تیمار مشخص و از جمله امکان بررسی همزمان دو عملکرد به دست آمده از یک کرت (کشت مخلوط) در یک تیمار مشخص فراهم شود.

واژه‌های کلیدی: کووارایانس، نرم‌افزار، رگرسیون،همبستگی، کشت مخلوط.

نویسنده مسئول: arbehesht81@yahoo.com تلفن: ۰۵۱۳۳۸۲۲۳۹۰

* برنامه «محورهای اریب» که توسط نگارنده این مقاله تهیه شده است در وبگاه مؤسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر به آدرس: WWW.spii.ir قابل دسترسی است.

مقدمه

در دهه گذشته تقاضا برای سرمایه‌گذاری هر چه بیشتر روی سیستم‌های کشت مخلوط افزایش یافته است. نیاز روزافزون به مواد غذایی ضرورت افزایش تولید محصولات زراعی را بیش از هر زمانی آشکار کرده است (Altieri and Liebman, 1986). با توجه به محدودیت و حتی کاهش اراضی مناسب برای تولید غذا، بالا بردن تولید الزاماً باید از طریق افزایش عملکرد در واحد سطح انجام شود. از سوی دیگر پی‌آمدهای ناشی ازمصرف نهاده‌ها به منظور افزایش بازده در واحد سطح نگرانی‌هایی را در نقاط مختلف جهان به همراه داشته است، بنابراین به نظر می‌رسد که بالا بردن کارایی استفاده از نهاده یا به عبارت دیگر افزایش عملکرد به ازاء واحد مصرف نهاده مناسب‌ترین روش برای حصول عملکرد بیشتر در واحد سطح باشد (Francis, 1989). کشت مخلوط یا توأم دو یا چند گونه زراعی در یک قطعه زمین قرن‌هاست که در نقاط مختلف جهان با موفقیت اجرا می‌شود. بررسی‌ها نشان داده است که سیستم‌های مخلوط قادرند که عملکرد در واحد سطح را درمقایسه باتک کشتی همان گونه‌ها در مخلوط افزایش دهند. مطالعات انجام شده در مورد مکانیزم افزایش عملکرد در سیستم‌های مخلوط مشخص ساخته است که این افزایش به دلیل بالا رفتن کارائی استفاده از نهاده‌ها در نتیجه اثر مکملی گونه‌ها با یک‌دیگر حاصل می‌شود.

به بیان دیگر گونه های مخلوط یا از منابع متفاوتی استفاده کرده و یا منابع مشترکی را در زمان و مکان متفاوت (Banik *et al.,* 2006؛ Fukai and Trenbath, 1993؛ Hoyt, 1993). با کارائی بیشتری نسبت به تک کشتی مورد استفاده قرار می‌دهند، بنابراین نظام‌های مخلوط قادرند تا عملکردبیشتر در واحد سطح را به دلیل استفاده موثرتر از آب، نور و مواد غذایی، با حداقل مصرف نهاده‌ها در مقایسه با کشت‌های خالص امکان‌پذیر سازند (Midmore, 1993؛ Morris and Garrity, 1993).

گرایش عمومی به سمت سیستم‌های پایدار تولید، توسعه کشت‌های مخلوط را به دلیل حفاظت خاک و بهبود حاصلخیزی (Coolman and Hoyt, 1993)، ثبات عملکرد (Liebman and Davis, 2000)، کنترل علف‌های هرز (Banik *et al.*, 2006؛ Baumann *et al.*, 2000) و آفات و بیماری‌های گیاهی (Altieri and Liebman, 1986) از طریق برقراری روابط متقابل بین گونه‌ها در اکوسیستم‌های زراعی به خوبی توجیه می‌کند (Fukai and Trenbath, 1993). برای حفظ عملکرد بالا و ظهور محاسن کشت‌های مخلوط انتخاب گونه‌های مخلوط از نظر قابلیت مکملی آن‌ها در الگوی مصرف منابع و نیز نسبت اختلاط گونه‌ها از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است (Banik *et al.*, 2006). بنابراین برای ارزیابی موفقیت یک مخلوط لازم است تا

گونه‌های مختلف زراعی در نسبت‌های مختلف که معمولاً در قالب آزمایش‌های جایگزینی اجرا می‌شوند، با کشت‌های خالص همان گونه‌ها مورد مقایسه قرار گیرند. برای ارزیابی مزیت‌های مخلوط از نظر افزایش عملکرد روش‌های مختلفی توسعه یافته است که هر یک از نظر قدرت و کاربرد، ویژگی‌های خود را دارا هستند. روش‌های طراحی و تجزیه و تحلیل داده‌ها در کشت‌های مخلوط در تفسیر نتایج بسیار مهم هستند. تراکم و نسبت گونه‌ها در کشت مخلوط به عنوان دو عامل کلیدی نتایج کشت مخلوط را تحت تاثیر قرار می‌دهند. مارشال و جین (Marshall and Jain, 1969) ثابت کردند که نتایج طرح سری جایگزینی مستقل از تراکم نیستند پس تراکم‌های مختلف نتایج متفاوتی در بر دارند. جولیف و همکاران (Joliffe *et al*., 1984) اظهار داشتند که مشکل اساسی روش سری جایگزینی، نادیده گرفتن طبیعت دوبعدی داده‌ها (دو گونه) است. کوزنس (Cousens, 1988)، رجمانک و همکاران (Rejmanek *et al*., 1989)، روش و همکاران (Roush *et al*., 1989) و وات کین سون (Watkinson, 1981) نیز بیان کردند که در آزمایش‌های سری جایگزینی نتایج به شکل تک بعدی ارائه می‌شود در حالی که سیستم مورد مطالعه در کشت‌های مخلوط و یا آزمایش‌های رقابتی دوبعدی است. جولیف و همکاران (Joliffe *et al*., 1984) و نیز اسپیترز و کراف (Spitters and Kropff, 1989) چگونگی توزیع رقابت و اثر درون گونه‌ای و بین گونه‌ای را به صورت کمی از طریق استفاده از چندین آزمایش سری جایگزینی در محدوده‌ای از تراکم‌های مختلف و کشت‌های خالص هر یک از گونه‌ها به روش رگرسیون از طریق معادله معکوس خطی به دست آوردند واین روش رابه عنوان راه حلی برای رفع مشکل سری‌جایگزینی گزارش کردند.

روش تجزیه واریانس یک متغیره و مقایسه چند دامنه‌ای دانکن که امروزه کاربرد زیادی در تجزیه و تحلیل داده‌های آزمایش‌های مخلوط دارد (Chew, 1976 ؛Evans *et al.,* 1982)، توانایی بررسی پاسخ هر یک از گیاه زراعی و یا علف هرز به تیمارهای مختلف و معین اعمال شده در آزمایش را به صورت همزمان دارا نیست و چنین قابلیتی را ندارد (Dear and Mead, 1983 a,b). یکی از روش‌های حساس و دقیق تجزیه و تحلیل آزمایش‌های مخلوط که چنین قابلیتی را داراست، روش تجز یه واریانس دو متغیره است. گیلورو‌پیرس (Gilliver and Pearce, 1983) کاربرد تجزیه واریانس دو متغیره را برای اولین بار در کشت‌های مخلوط گیاهان زراعی توصیه نمودند و شمای گرافیکی این روش را طراحی کردند. این روش توانایی بررسی عکس‌العمل هر یک از گیاهان مخلوط به تیمارهای آزمایش را به صورت همزمان در یک شمای گرافیکی دارد. زمینه ارتباط ممکن بین دو کمیت به دست آمده

از هر یک از دو گیاه در هر واحدآزمایشی به صورت یک همبستگی مثبت یا منفی بروز می‌کند. در این روش تشکیل جدول تجزیه واریانس به روش معمول میسر نیست و باید از روش خاصی را برای محاسبه آماره F و درجه آزادی واریانس‌ها پیروی کرد (Dear and Mead, 1983 a,b؛ Gilliver and Pearce, 1983).

دیرومید (Dear and Mead, 1983 a,b) ساختار و کاربرد رسم محورهای اریب به روش دو متغیره را به تفصیل مورد بررسی قرار داده و کاربرد آن را توصیه و ثابت کردند که حساسیت تیمارهای مورد تحقیق در این روش در این آزمایش‌ها افزایش می‌یابد. هدف از این بررسی تشریح اصول کلی و چگونگی تجزیه واریانس دو متغیره و همچنین ارائه برنامه کامپیوتری به زبان کویک بیسیک (QBasic) برای بررسی چگونگی مقایسه میانگین‌هادر کشت مخلوط با استفاده از رسم محورهای اریب (Skew Axis) است.بدین منظور و به جهت کاربردی کردن تجزیه واریانس دو متغیره و همچنین رسم محورهای اریب در آزمایش‌های کشت مخلوط، با بهره‌گیری از اطلاعات و داده‌های به دست آمده از کشت مخلوط سورگوم و کنجد در نسبت‌ها و تراکم‌های مختلف اصول کلی و چگونگی تجزیه واریانس دو متغیره با ارائه جدول تجزیه واریانس دو متغیره برای صفت عملکرد زیست توده در کشت مخلوط سورگوم دانه‌ای و کنجد و ذکر جزئیات آن (جدول ۱) و نحوه کار کرد برنامه نرم‌افزار از این جدول و داده‌های به دست آمده آشنا می‌شویم. همچنین در قسمت بعد به منظورتفهیم چگونگی کارکرد برنامه برای رسم محورهای اریب و چگونگی مقایسه میانگین‌ها در کشت مخلوط و تجزیه و تحلیل میانگین‌های دو گونه به صورت توام، با ارائه فایل داده‌های صفت ارتفاع برای این دو گونه به عنوان مثال حقیقی با چگونگی ورود داده‌ها برای استفاده نرم‌افزار محورهای اریب و نیز چگونگی رسم این محورها همراه با ذکر جزئیات، قسمت‌های مرتبط با ورودی‌ها و خروجی‌های برنامه مورد توجه قرار می‌گیرد. نرم‌افزار محورهای اریب (Skew Axis) همراه با برنامه Dos Box (برای اجرای برنامه QBasic در محیط Windows) در وبگاه موسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر به آدرس /www.spii.ir/spSPII جهت استفاده کاربران در دسترس است.

اصول کلی و چگونگی تجزیه واریانس دو متغیره

دو هدف اصلی تجزیه واریانس شامل فراهم کردن تخمینی از تغییرات باقیمانده داده‌ها یا همان خطای آزمایش و نیز ارزیابی اهمیت مطلق و نسبی تیمارهای مختلف آزمایشی یا همان منابع تغییر است (Anonymous, 2002). در آزمایش‌هائی که فقط یک گونه (گیاه زراعی) مورد بررسی قرار می‌گیرد، فقط یک ستون از اعداد وجود دارد که با یک انحراف معیار

جدول ۱- تجزیه واریانس دو متغیره (میانگین مربعات و مجموع حاصلضرب ها) برای عملکرد زیست توده دو محصول سورگوم و کنجد

Table 1. Bivariate analysis (SS, SSP) for biomass of sorghum and sesame

S.O.V.	منابع تغییرات	درجه آزادی df.	SS (Y1)	کنجد/کنجد SS (Y2)	سورگوم/کنجد مجموع حاصل‌ضرب‌ها SSP	محاسبه F Calculated F
Replication	تکرار	3	T_1 757.1	T_2 77.18	T_{12} -722.40	167**
Planting rate	نسبت کاشت	2	T_1 463.6	T_2 545.20	T_{12} -331.50	5*
Density	تراکم	2	T_1 417.4	T_2 99.340	T_{12} 271.12	132**
Planting rate × density	نسبت کاشت × تراکم	4	T_1 695.0	T_2 834.20	T_{12} -71.00	56**
Error	خطا	24	E_1 424.2	E_2 93.50	E_{12} 379.00	

مقایسه می‌شوند و تشخیص حداکثر اختلافات در بین تیمارها و و تعیین معنی‌داری این اختلاف‌ها به سادگی امکان‌پذیر است (آزمایش‌های یک متغیره یا Univariate). در آزمایش‌های کشت مخلوط با دو گیاه زراعی روبرو هستیم، لذا دو ستون از اعداد و دو انحراف معیار برای مقایسه اعداد دو ستون وجود دارد و مقایسه‌های به علت وجود همبستگی بین اعداد متناظر دو ستون (دو عدد به دست آمده از هر کرت هر یک مربوط به یک گیاه تحت تاثیر یک تیمار مشخص) پیچیده‌تر است. با این وصف جدول تجزیه واریانس دو متغیره کاملاً ساده بوده و آزمون‌های معنی‌داری به روال معمول با استفاده از آماره F همانند جدول تجزیه واریانس یک متغیره امکان‌پذیر است. اگر چه در این روش رعایت بعضی شرایط ویژه ضروری است (Dear and Mead, 1983a). تمام محاسبات مربوط به مقادیر مجموع و میانگین مربعات تیمار و میانگین مربعات خطا برای هر یک از اجزای کشت مخلوط (یا دو گیاه رقیب در مطالعات رقابت)، و محاسبه مجموع حاصل‌ضرب‌ها (SSP) با نرم‌افزارهایی مانند SAS یا Genstat که از رویه مدل‌های خطی عمومی (GLM) و دستور تجزیه و تحلیل چند متغیره استفاده می کنند امکان‌پذیر است ولی چنان‌که گفته خواهد شد محاسبه مقدار Fمی‌تواند به شکل دستی انجام شود تا اطلاعات لازم برای رسم منحنی‌های با محورهای اریب فراهم شود. ابتدا در مورد محاسبات لازم برای تشکیل جدول تجزیه واریانس بحث می‌شود و در بخش بعدی آزمون‌های معنی‌داری آورده می‌شود.

در جدول تجزیه واریانس دو متغیره هدف پیدا کردن دو مجموع مربعات برای هر عملکرد زیست توده هر گونه SS1 (گونه اول در مثال

جدول ۱ گیاه سورگوم) و SS_2 (گونه دوم در مثال جدول ۱ گیاه کنجد) و یک مجموع حاصل‌ضرب‌ها SSP برای هر یک از منابع تغییر است. این سه کمیت در یک ماتریس متقارن ۲ × ۲ در نظر گرفته می‌شود که به آن ماتریس SSP اطلاق می‌شود و آزمون معنی‌داری معمول نیز برای آن انجام می‌شود. منظور از متقارن بودن این است که دو عدد واقع شده در قطر ماتریس مساوی مجموع حاصل‌ضرب‌ها هستند. دو مجموع مربعات با اندیس ۱ و ۲ و مجموع حاصل‌ضرب‌ها با اندیس ۱۲ مشخص می‌شود. به ازای هر یک از اجزای ماتریس SSP یک ماتریس مربعات خطا وجود دارد که به شکل E_1 (مجموع مربعات خطا برای گیاه اول)، E_2 (مجموع مربعات خطا برای گیاه دوم) و E_{12}(مجموع مربعات خطا برای حاصل‌ضرب‌ها). در ارتباط با هر SSP عدد دیگری وجود دارد که نشان‌دهنده درجه آزادی آن است برای E SSP این عدد با e کوچک نشان داده خواهد شد. محاسبه SSP کار ساده‌ای است زیرا مجموع مربعات هر یک از گونه‌ها می‌تواند از جدول تجزیه واریانس یک متغیره اخذ شوند. هنگامی که دو محصول به صورت جداگانه تجزیه شوند فقط نیاز به محاسبات برای به دست آوردن مجموع حاصل‌ضرب‌ها است. ماتریس SSP را می‌توان با کمک نرم‌افزارهای آماری مانند SAS و استفاده از رویه GLM و دستور manova محاسبه کرد (Anonymous, 2011). برای محاسبه دستی SSP می‌توان از معادله ۱ استفاده کرد که بر اساس محاسبه مجموع اعداد صفت مورد مطالعه (مثلاً عملکرد) دو گونه به دست می‌آید که در ذیل به آن پرداخته می‌شود. در خطوط برنامه ارائه شده در این مقاله (محورهای اریب (Skew Axis مقادیر SS(1)،SS(2) و (SSP) محاسبه نمی‌شوند بلکه مقادیر مورد نیاز برای رسم محورها و دایره‌های مقایسه میانگین‌ها از طریق داده‌های ورودی است که یا در فایل داده‌های خام (داده‌های یک صفت مشخص مثل عملکرد یا ارتفاع) درج می‌شوند و یا ورودی‌هائی که در حین اجرای برنامه به صورت دستی وارد می‌شوند که در قسمت نمایش نمودار محورهای اریب و مقایسه میانگین‌ها به آن پرداخته می‌شود.

۱- محاسبه SP از طریق تجزیه عملکرد کل

اولین مرحله به دست آوردن مجموع عملکرد کل (Y_3) است $Y_3 = Y_1 + Y_2$ است که با انجام تجزیه واریانس یک متغیره مقدار SS3 محاسبه می‌شود. برای محاسبه SSP (مجموع حاصل‌ضرب‌ها) برای هر یک از منابع تغییر در جدول تجزیه واریانس (جدول ۱) از معادله ۱ استفاده می‌شود:

معادله ۱

$$SP(1,2) = (SS(3) - SS(1) - \frac{SS(2)}{2}$$

بدین‌معنی که مجموع مربعات دو متغیره

اولیه از مجموع مربعات متغیر سوم یا عملکرد کل کسر شده سپس حاصل نصف می‌شود. خصوصیات مهمی که استفاده از این روش را در برنامه‌های کامپیوتری مناسب می‌سازد این است که نیازمند محاسباتی علاوه بر آنچه در مجموع مربعات معمول انجام می‌شود نیست، بنابراین هر برنامه‌ای که قادر به ایجاد جدول تجزیه واریانس یک متغیره باشد می‌تواند برای تشکیل جدول واریانس دو متغیره مورد استفاده قرار گیرد. برای مثال یک جدول تجزیه واریانس دو متغیره (جدول ۱) برای محاسبات این سه جزء دریک آزمایش فاکتوریل در پایه طرح بلوک‌های کامل تصادفی با چهارتکرار (کشت مخلوط سورگوم و کنجد) برای صفت عملکرد زیست توده آورده می‌شود.دراین آزمایش نسبت کاشت دارای سه سطح (۶۷:۳۳،۵۰:۵۰،۳۳:۶۷) و تراکم کاشت نیز دارای سه سطح است.

برای محاسبه F هر منبع تغییر ابتدا از طریق معادله ۲، مقدار L را محاسبه کرده و سپس از معادله ۳ چنانچه درجه آزادی تیمار یا بلوک از ۱ بزرگ‌تر باشد مقدار F به دست می‌آید.

معادله ۲

$$\mathbf{L} = \frac{(\mathbf{T_1}+\mathbf{E_1})\times(\mathbf{T_2}+\mathbf{E_2})-(\mathbf{T_{12}}+\mathbf{E_{12}})^2}{(\mathbf{E_1}\times\mathbf{E_2})-\mathbf{E_{12}}^2}$$

در معادله بالا E_1 مجموع مربعات خطا برای گیاه اول، E_2 مجموع مربعات خطا برای گیاه دوم و E_{12} (مجموع مربعات خطا برای حاصل‌ضرب‌ها است. مقادیر T_1، T_2 و T_{12} نیز به ترتیب شامل مجموع مربعات تیمار مربوط به هر منبع تغییر در جدول ۱ هستند.

معادله ۳

$$F = (L-1) \times \left({}^{e}/_{T}\right)$$

برای محاسبهF جدول نیز درجه آزادی صورت دو برابر درجه آزادی منبع تغییر مورد نظر و درجه آزادی مخرج $2(e - 1)$ منظور می‌شود و e برابر درجه آزادی خطای آزمایش و T درجه آزادی بلوک یا تیمار مورد بررسی است.

در برنامه کامپیوتری مورد استفاده مقدار F به عنوان داده ورودی در زمان اجرای برنامه باید توسط کاربر وارد شود.

```
INPUT "F. Table..............."; F
```

۲- نمایش‌نموداری داده‌های تجزیه واریانس دو متغیره و مقایسه میانگین‌ها

نمودار داده‌های دو متغیره نتایج عددی را بسیار واضح‌تر و سریع‌تر از یک جدول اعداد نشان می‌دهد. میانگین رسم شده برای هر اثر به صورت یک جفت عدد $(X_1\ ,\ X_2)$ است. رسم محورهای اریب و نمایش مقایسه میانگین‌ها با تدوین یک برنامه کامپیوتری به زبان QBasic تحت عنوان محورهای اریب (Skew Axis) از طریق محاسبات لازم بر اساس دو فرمول زیر انجام می‌شود. خطوط برنامه با تشکیل حلقه های مشخص (Loop) تعریف شده در برنامه مقادیر

Y_1 و Y_2 (معادله‌های ۴ و ۵) را از طریق داده‌های خام فایل ورودی (مثلاً داده‌های عملکرد دانه) که در آغاز اجرای برنامه نام و مسیر فایل را از کاربر به عنوان ورودی می‌خواهد، محاسبه می‌کند (جدول ۲).

جدول ۲- فایل ورودی برای صفت عملکرد دانه در کشت مخلوط سورگوم و سویا با فرمت ASCII

Table 2. Data for seed yield in sorghum and soybean intercropping system with ASCII formal

```
3,3,4,1853156.844,5611674.505, 1056792.7,24
1682.76 1998 1656.12 1407.48 2131.07 1962.22 2091.05 1992.11
3023.73 2481.11 3047.07 2140 1610 1351.11 1771.11 1497.78
3250 3082.65 3304.44 3296.09 870.23 886.88 1236.54 944.61
2525.25 2376.51 1887 1930.29 1790 2332.28 2712.47 2431.22
2911.11 3492.85 2384.44 2953.33 1446.28 1898.89 1877.78 1498.89
4067.57 4082.22 3331.67 4139.84 993.45 1182.15 1408.59 1232.1
2274.39 3255.46 2479.29 2396.49 3900.44 3976.5 3833.83 3889.37
4705.68 4283.49 3787.78 2447.79 2687.78 3209.38 2108.89 2072.22
4764.66 5870 4442.21 3445.55 1981.35 2063.5 1416.36 1619.38
```

s: INPUT "Name of Data File (D:[PATH]\FileName.Ext),"; da$

معادله ۴

$$Y_1 \; \frac{X}{\sqrt{V_1}}$$

معادله ۵

$$Y_2 = \frac{(X_2 - V_{12}\, X_1/V_1}{\sqrt{V_2 - V_{12}^2/V_1}}$$

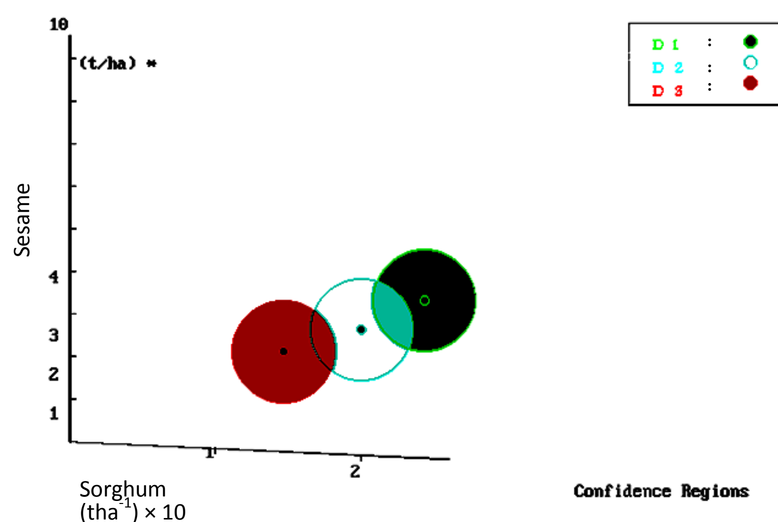
به عنوان مثال فایل داده‌های عملکرد دانه سورگوم و سویا به شکل زیرباید مرتب شود (به عنوان مثال فایل B1.DAT). این فایل در یک محیط ویراستاری متن با فرمت ASCII از قبیل notepad و یا WordPad همراه با پسوند EXT و به صورت DAT است. در خط اول این فایل به ترتیب و از چپ به راست داده‌های ورودی عبارتند از:

سطح منبع تغییر یا متغیر اول (در این مثال نسبت کاشت و برابر ۳)، سطح منبع تغییر دوم (در این مثال تراکم و برابر ۳)، تعداد تکرار (در این مثال برابر ۴)، E_1،E_2،E_{12} که در این مثال به ترتیب برابر 1056792.7، 5611674.505 و 1853156.844 می‌باشند و در آخر n که درجه آزادی خطای آزمایش است.

خط دوم این فایل شامل داده‌های خام به دست آمده از آزمایش برای صفت مورد بررسی (عملکرد دانه سورگوم و سویا) است که به ترتیب از سمت چپ به راست شامل اولین سطح متغیر اول (نسبت کاشت) و اولین سطح متغیر دوم (تراکم کاشت) در تکرار اول برای گونه زراعی اول (سورگوم) است. دومین داده در خط دوم اولین سطح متغیر اول (نسبت کاشت) و اولین سطح متغیر دوم (تراکم کاشت) در

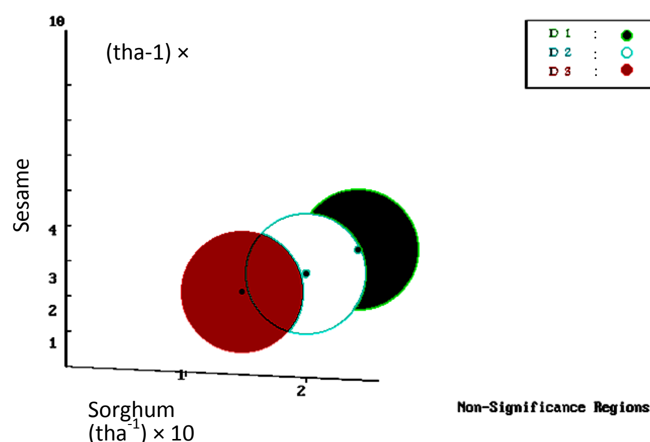
تکرار دوم برای گونه زراعی اول (سورگوم)، سومین داده اولین سطح متغیر اول (نسبت کاشت) و اولین سطح متغیر دوم (تراکم کاشت) در تکراراسوم برای گونه زراعی اول (سورگوم) است و در نهایت همین تیمار در تکرار چهارم برای گونه اول و سپس همین تیمار در تکرار اول برای گونه دوم زراعی و در ادامه همین خط دادههای ششم، هفتم وهشتم همین تیمار برای تکرارهای دوم و سوم و چهارم خواهد آمد، بنابراین در هر خط به تعداد تکرارها برای هر گونه عدد و داده خام وارد خواهد شد. در خط سوم به ترتیب از سمت چپ به راست شامل اولین سطح متغیر اول (نسبت کاشت) و دومین سطح متغیر دوم (تراکم کاشت) در تکرار اول برای گونه زراعی اول (سورگوم) است و این تیمار برای هر گونه در بقیه تکرارها ادامه می‌یابد. این روند برای همه تیمارها در خطوط بعدی تکرار خواهد شد و در نهایت در خط آخر سومین سطح منبع تغییر اول و سومین سطح متغیر دوم درتکرار اول و سپس در بقیه تکرارها برای دو گونه به ترتیب در ادامه ثبت می‌شود.

V_1، V_2 و V_{12} به ترتیب از تقسیم E_1، E_2 و E_{12} بر درجه آزادی خطا (e) به دست می‌آید. برای تست معنی‌داری میانگین‌ها مقادیر شعاع دایره‌ها بر اساس فرمول $\sqrt{۲F/NN}$ و $\sqrt{۴F/NN}$ به ترتیب برای مقایسه حوزه معنی‌داری هر میانگین (R1) یا منطقه اطمینان (شکل ۱) و مقایسات میانگین‌ها یا منطقه عدم معنی‌داری (R2) (شکل‌های ۲، ۳ و ۴) استفاده می‌شود.



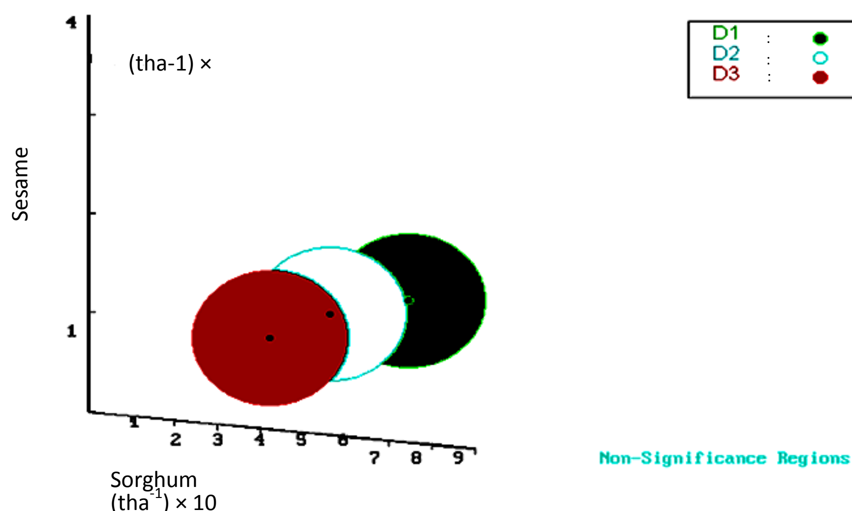
شکل ۱- اثر تراکم کاشت بر وزن زیست توده سورگوم و کنجد (منطقه اطمینان)
Fig. 1. Effects of plant density on biomas weight of sorghum and sesame (Confidence region)

مقدار NN نیز به عنوان داده ورودی در برنامه منظور شده است و برابر تعداد مشاهداتی



شکل ۲- اثر تراکم کاشت بر وزن زیست توده سورگوم و کنجد (منطقه عدم معنی‌داری)

Fig. 2. Effect of plant density on biomas weight sorghum and sesame (non- significance regions)



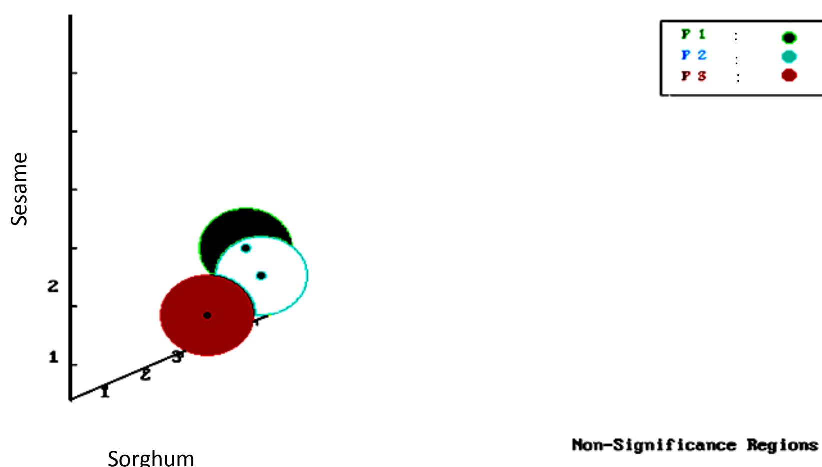
شکل ۳- اثر تراکم کاشت بر عملکرد دانه سورگوم و کنجد (منطقه عدم معنی‌داری)

Fig. 3. Effect of plant density on seed yield of sorghum and sesame (non- significance regions)

است که هر میانگین را در منبع تغییر مورد بررسی می کند. مثلاً چنانچه مقایسه میانگین‌های اثر نسبت کاشت مورد بررسی قرار گرفته تعداد مشاهدات برابر ۱۲ یعنی حاصل‌ضرب سطوح دو منبع تغییر دیگر (تراکم و تکرار) است.

INPUT "Number of Observations That Make Each Mean."; NN

در حقیقت شعاع این دوایر برای ارزیابی مقایسه میانگین‌ها مورد استفاده قرار می گیرد که شعاع دایره منطقه عدم معنی‌داری (R2) دو برابر (R1) یا منطقه اطمینان است. نرم‌افزار این مقادیر را حساب می کند. منطقه عدم معنی‌داری (R2)



شکل ۴- اثر نسبت کاشت بر شاخص برداشت سورگوم و کنجد (منطقه عدم معنی‌داری)
Fig. 4. Effect of planting rate on rate on harvest index of sorghum and sesame (non-significance regions)

در حقیقت درست مانند مقایسه میانگین‌ها در تجزیه واریانس یک متغیره برای بررسی اثر یک منبع تغییر یا تیمار مشخص در یک صفت مثلاً عملکرد دانه یک محصول است با این تفاوت که در این روش نمایش مقایسه میانگین‌ها برای بررسی اثر یک منبع تغییر یا تیمار مشخص در یک صفت برای هر دو محصول به طور همزمان انجام می‌شود. در نمایش منطقه اطمینان (R1) هدف نشان دادن بازه‌ای یا حوزه ای از نقاط (اطمینان ۹۹ درصد یا ۹۵ درصد) است که در هر کدام از سطوح از تیمار مورد بررسی مثلاً تراکم وجود دارند. مثلاً نقاطی که در تراکم کم قرار دارند، یا نقاطی که در نسبت کاشت ۳۳:۶۷ قرار دارند.

R1 = SQR(2 × F / NN): R2 = SQR(4 × F / NN)

این دو کمیت به عنوان داده محاسباتی توسط نرم‌افزار هستند، اما نظر کاربر را برای رسم و پردازش R1، R2 و یا R1R2 به ترتیب برای این دو شعاع جویا می‌شود. R1R2 نیز برای نمایش مقایسه میانگین اثرهای متقابل است.

```
COLOR 14: INPUT "        Please Enter
Your Number Selection"; Number
INPUT "        Please Enter R1 , R2 OR
R1R2          "; r$$
```

با اجرای برنامه و قبل از سئوال در مورد R1 و R2 نظر کاربر در ارتباط با اثر اصلی تیمار یا منبع تغییر اول یا دوم و یا اثرهای متقابل سئوال می‌شود و به ترتیب با توجه به نظر کاربر به ترتیب عدد ۱، ۲ و ۳ برای این ورودی باید انتخاب شود.

```
COLOR 10: PRINT "
1) The Main Effects of First
Treatments"
```

```
PRINT "
2) The Main Effects of Second Treatments"
PRINT "
3) The Effects of Interaction Treatments
```

نرم‌افزار این امکان را برای کاربر فراهم آورده است تا برای جانمایی بهتر محل مرکز دوایر مقایسه میانگین‌ها نسبت به دو محور اریب دو ضریب (coef1 و coef2)که به صورت داده ورودی هستند، را در نظر گرفته است. این دو ضریب بسته به میزان بزرگی و اختلاف داده‌های دو گونه با هم برای یک صفت برای coef1 حدود ۳۶۰ و برای coef2 حدود ۱ است. کاربر پس از رسم و مشاهده میانگین‌ها می‌تواند با انتخاب گزینه ویرایش (E) که در صفحه مانیتور نمایان می‌شود. نسبت به تغییر مقادیر این دو ضریب جهت برخورداری از شکل بهتر استفاده کند. همچنین می‌تواند با انتخاب گزینه (C) نسبت به تغییر رنگ دوایر اقدام کند. گزینه P نیز برای انتخاب چاپ منظور شده است.

```
INPUT "coef1"; Aa
INPUT "coef2"; Aaaa
```

در نرم‌افزاز عنوان شکل، عنوان و زیر عنوان محورهای اریب و واحد های محورها به عنوان داده ورودی در نظر گرفته شده است. سایر خطوط برنامه، محاسباتی و برای کارکرد وویرایش مطلوب برنامه نوشته شده است.

```
COLOR 14, 4: PRINT "Please Enter Your Title :"; : COLOR 9, 0: LINE INPUT a$
COLOR 14, 4: PRINT "Please Enter SubTitle     :"; : COLOR 9, 0: LINE INPUT h$
PRINT : PRINT
COLOR 14, 3: PRINT "Enter Title of X Axis:    "; : COLOR 11, 0: INPUT ; XT$: XT$ = UCASE$(XT($
COLOR 14, 5: PRINT TAB(1); "What is X unit    "; : COLOR 10, 0: INPUT F$: F$ = "(" + F$ + ")*" + xd$
COLOR 14, 3: PRINT "Enter  Title of Y Axis:  "; : COLOR 11, 0: INPUT ; YT$: YT$ = UCASE$(YT($
COLOR 14, 5: PRINT TAB(1); "What is Y unit    "; : COLOR 10, 0: INPUT ff$: ff$ = "(" + ff$ + ")*" + yd$
```

در ارزیابی و تحلیل مقایسه میانگین‌ها برای اثر یک منبع تغییر بر یک صفت، چنانچه مراکز دوایر رسم شده در داخل یک‌دیگر قرار گیرند آن دو یا چند تیمار مورد بررسی با یک‌دیگر اختلاف معنی‌داری نخواهند داشت. برای مثال در شکل ۲ اثر تراکم بر وزن زیست توده دو محصول سورگوم دانه‌ای و کنجد معنی‌دار بوده و سه تراکم با یکدیگر اختلاف معنی‌داری نشان می‌دهند (نتایج به دست آمده از آزمایش کشت مخلوط سورگوم دانه‌ای و کنجد اجرا شده در ایستگاه تحقیقاتی طرق در سال ۱۳۸۷ در سه تراکم کاشت و سه نسبت کاشت و در چهار

تکراربر اساس آزمایش فاکتوریل در پایه طرح بلوک‌های کامل تصادفی). در این شکل تراکم D1 وD2 با یک‌دیگر اختلاف ندارند، ولی تراکم D3 و D1 چون مراکز دوایر در داخل هم نیستند اختلاف معنی‌داری دارند. برای قرائت دقیق مقادیر وزن زیست توده در هر یک از تراکم‌ها از مرکز هر دایره دو خط به موازات محورها رسم می‌شود و محل برخورد این خطوط با محورهای اریب مقادیر دقیق برای سطوح تیمارها در هر گونه را نشان می‌دهد.

شکل‌های ۲، ۳ و ۴ منطقه عدم معنی‌دار را برای هر یک از تیمارهای مورد بررسی یا منابع تغییر (مثلاً تراکم یا نسبت کاشت) بر صفت مورد بررسی (مثلاً عملکرد دانه یا بیوماس و یا شاخص برداشت) نشان می‌دهد. شکل ۴ نشان‌دهنده همبستگی منفی بین دو محور برای صفت شاخص برداشت تحت تاثیر اثر نسبت کاشت در کشت مخلوط سورگوم و کنجد است. زاویه باز بین دو محور همبستگی مثبت (شکل‌های ۲ و ۳) و زاویه بسته همبستگی منفی را نشان می‌دهد.

باز بودن محورها حاکی از اثر مثبت تیمار اعمال شده بر روی دو گونه به صورت همزمان است (شکل‌های ۲ و ۳). بر عکس بسته بودن محورها حاکی از همبستگی منفی یا پاسخ متناقض دو گونه نسبت به تیمار اعمال شده است و دو گونه دو رفتار متناقض نسبت به تیماراعمال شده نشان می‌دهند و با افزایش مقدارصفت مورد بررسی در یک گونه، همزمان برای صفت مورد بررسی در گونه دوم شاهد کاهش خواهیم بود (شکل ۴) .

بررسی و ارزیابی نسبت برابری زمین با استفاده از تجزیه واریانس دو متغیره و به کمک برنامه محورهای اریب (Skew Axis) با دقت و حساسیت بیشتری نیز قابل محاسبه و نمایش است (Dear and Mead, 1983 a,b).

تمام محاسبات مربوط به مقادیر مجموع و میانگین مربعات تیمار و میانگین مربعات خطا برای هر یک از اجزای کشت مخلوط (یا دو گیاه رقیب در مطالعات رقابت)، و محاسبه مجموع حاصل‌ضرب ها (SSP) با نرم‌افزارهایی مانند SAS یا Genstat که از رویه مدل‌های خطی عمومی (GLM) و دستور آنالیز چند متغییره استفاده می‌کنند امکان‌پذیر است همان‌طور که گفته شد محاسبه مقدار F می‌تواند به شکل دستی انجام شود تا اطلاعات لازم برای رسم منحنی‌های با محورهای اریب فراهم شود.

References

Altieri, M. A., and Liebman, M. 1986. Insect, weed and plant disease management in multiple cropping. pp. 183-218. In: Francis, C. A. (ed.) Weed Management in

Multiple Cropping Systems. Vol. 1. Macmillan Publishing Company, New York, USA.

Anonymous 2011. SAS/STAT User`s Guide. Second ed. SAS Institute Inc., Gary, No. th Carolina, USA.

Banik, P., Midya, A., Sarkar, B.K., and Ghose, S.S. 2006. Wheat and chickpea intercropping systems in an additive series experiment: advantages and weed smothering. European Journal of Agronomy 24: 325-332.

Baumann, D.T., Kropff, M. J., and Bastiaans, L. 2000. Intercropping leeks to suppress weeds. Weed Research 40: 359-374.

Chew, V. 1976. Comparing treatment means: A compendium. HortScience 11: 348-37.

Coolman, R. M., and Hoyt, G. D. 1993. Increasing sustainability by intercropping. Horticulture Technology 3: 309-311.

Cousens, R. 1985 . Simple model relating yield loss to weed density. Annals of Applied Biology. 107: 239-252.

Cousens, R. 1988. Misinterpretation of results in weed research through in appropriate use of statistics. Weed Research 28: 281-289.

Dear, K. B. G., and Mead, R. 1983a. The use of bivariate analysis techniques for the presentation, analysis and interpretation date statistics in intercropping. Technical Report No. 1. Department of Applied Statistics, Reading University, Readind, UK.

Dear, K. B. G., and Mead, R. 1983b. Testing assumptions and other topics in bivariate analysis in intercropping . Technical Report No. 2. Department of Applied Analysis Statistics, Reading University, Reading, UK.

Evans., R. A., Book, D. N., and Young, J. A. 1982. Quadratic response surface analysis of seed germination trials. Weed Science 30: 411-416.

Francis, C.A. 1989. Biological efficiences in multiple-cropping systems. Advances in Agronomy 42: 1-42.

Fukai, S., and Trenbath, B. R. 1993. Processes determining intercrop productivity and yields of component crops. Field Crops Research 34: 247-271.

Gilliver, B., and Pearce, S. C. 1983. A graphical assessment of data from an intercropping factorial experiment. Experimental Agriculture 19: 23-31.

Joliffe, P. A., Minjas, A. N., and Runeckles, V. C. ۱984. A reinterpretation of yield relationships in replacement series experiments. Journal of Applied Ecology 21: 227-243.

Liebman, M., and Davis, A. S. 2000. Integration of soil, crop and weed management in low-external-input farming systems. Weed Research 40: 27-47.

Marshall, A. D., and Jain, S. K. 1969. Interference in pure and mixed population of *Avena fatua* and *Avena barbata*. Journal of Ecology 57: 251-270.

Midmore, D. J. 1993. Agronomic modification of resource use and intercrop productivity. Field Crops Research 34: 357-380.

Morris, R. A., and Garrity, D. P. 1993. Resource capture and utilization in intercropping: non-nitrogen nutrients. Field Crops Research 34: 319-334.

Rejmanek. M. G., Robinson, R., and Rejmannkova, E. 1989. Weed-Crop competition: Experimental designs and models for data analysis. Weed Science 37: 276-284.

Roush, M. L., Radosevich, S. R., Wagner, R. G., Maxwell, B. D., and Petersen, D. T. 1989. A comparison of methods for measuring effects of density and proportion in plant competition experiments. Weed Science 37: 268-275.

Spitters, C. J. T., and Kropff, M. J. 1989. Modeling competition effects in intercropping systems. Discussion paper for workshop on intercropping IITA, lbadan, Nigeria. www.ats.ucla.edu/stat/**sas**/library/nesug00/bt3005.pdf

Watkinson, A. R. 1981. Interference in pure and mixed populations of *Agrostemma gitbago*. Journal of Applied Ecology 18: 967-976.